

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
22. November 2001 (22.11.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/89004 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01L 41/09**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP01/05395**

(22) Internationales Anmeldedatum:  
11. Mai 2001 (11.05.2001)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
100 23 556.5 15. Mai 2000 (15.05.2000) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **FESTO AG & CO. [DE/DE]**; Ruiter Strasse

82, 73734 Esslingen (DE). **SIEMENS AG [DE/DE]**;  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

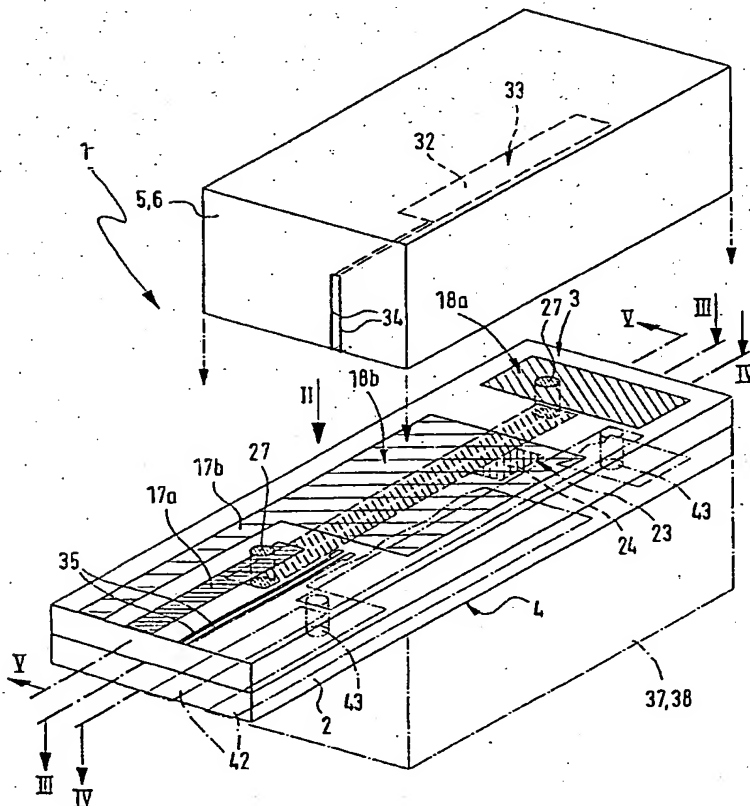
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHMID, Andreas**  
[DE/DE]; G.-F.-Haendel-Strasse 27, 96247 Michelau  
(DE). **RIEDEL, Michael [DE/DE]**; J.-S.-Bach-Strasse 6,  
96472 Rödental (DE). **LUBITZ, Karl [DE/DE]**; Rönt-  
genstrasse 20, 85521 Ottobrunn (DE). **MAICHL, Martin**  
[DE/DE]; Lange Strasse 4, 73084 Salach (DE). **HOFF-**  
**MANN, Markus [DE/DE]**; Hölderlinstrasse 11, 72649  
Wolfschlugen (DE). **WEINMANN, Michael [DE/DE]**;  
Rechbergstrasse 1, 73655 Plüderhausen (DE).

(74) Anwälte: **REIMOLD, Otto** usw.; Plochingen Strasse 109,  
73730 Esslingen (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **PIEZOELECTRIC BENDING TRANSDUCER AND USE THEREOF**

(54) Bezeichnung: **PIEZO-BIEGEWANDLER SOWIE VERWENDUNG DESSELBEN**



(57) Abstract: The invention relates to a piezoelectric bending transducer that has an elongated supporting body (2) that is provided with a stratified piezoelectric body (6) at least on one lateral side. At least one component (24, 32) of an electronic (23) and/or sensor (33) system used for the operation of the piezoelectric bending transducer is disposed in the interior of the supporting body (2) and/or between the supporting body (2) and the stratified piezoelectric body (6) and/or between adjacent piezoelectric layers of the stratified piezoelectric body (6).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Piezo-Biegewandler vorgeschlagen, der einen länglichen Tragkörper (2) aufweist, welcher an wenigstens einer Längsseite mit einem Piezo-Schichtkörper (6) bestückt ist. Im Innern des Tragkörpers (2) und/oder zwischen dem Tragkörper (2) und dem Piezo-Schichtkörper (6) und/oder zwischen benachbarten Piezo-Materialschichten des Piezo-Schichtkörpers (6) ist mindestens eine Komponente (24, 32) einer für den Betrieb des Piezo-Biegewandlers verwendeten Elektronik (23) und/oder Sensorik (33) untergebracht.

WO 01/89004 A1



(81) Bestimmungsstaaten (*national*): CN, JP, KR, RU, US.

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Piezo-Biegewandler sowie Verwendung desselben

10 Die Erfindung betrifft einen Piezo-Biegewandler, mit einem  
länglichen Tragkörper, der an wenigstens einer Längsseite mit  
einem mehrere Schichten aus Piezo-Material und dazwischenlie-  
gende Elektroden aufweisenden Piezo-Schichtkörper bestückt  
ist. Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung eines der-  
15 artigen Piezo-Biegewandlers.

Ein derartiger Piezo-Biegewandler, auch als Multilayer-Biege-  
aktor bezeichnenbar, geht beispielsweise aus der WO 99/17383  
hervor. Dieser verfügt über einen länglichen, platten- bzw.  
20 leistenförmigen Tragkörper, der an seinen beiden einander  
entgegengesetzten großflächigen Längsseiten jeweils mit einem  
Piezo-Schichtkörper bestückt ist. Jeder Piezo-Schichtkörper  
setzt sich aus mehreren aufeinanderliegenden Piezo-Material-  
schichten sowie zwischen den Piezo-Materialschichten angeord-  
25 neten flächigen Elektroden zusammen. An die Elektroden kann  
über auf dem Tragkörper verlaufende elektrische Leiter eine  
Ansteuerspannung angelegt werden, die eine Längenkontraktion  
eines Piezo-Schichtkörpers hervorruft, woraus eine Aus-  
lenkung des Piezo-Biegewandlers senkrecht zur Längsrichtung  
30 resultiert.

Zur Betätigung des Piezo-Biegewandlers wird in aller Regel  
auf eine geeignete Elektronik zurückgegriffen, deren Kompo-

nenten beispielsweise dafür sorgen, eine zur Verfügung stehende Niedervoltspannung in eine ausreichende hohe Ansteuer-  
spannung zu konvertieren. Dabei bietet die Multilayer-Technik  
den Vorteil, dass die für eine gewünschte Auslenkung des Pie-  
zo-Biegewandlers erforderliche elektrische Energie bereits  
5 bei einer wesentlich niedrigeren Ansteuerspannung zur Verfü-  
gung gestellt wird als bei einem vergleichbar dimensionierten  
monolithischen Piezo-Körper. Gleichwohl haben die Elektronik-  
bauteile einen nicht geringen Platzbedarf, was die Miniaturi-  
sierung von mit dem Piezo-Biegewandler auszustattenden Ein-  
10 richtungen, beispielsweise Ventile, behindert.

Einen weiteren Problempunkt bei den bekannten Piezo-Biege-  
wandlern stellt die Überwachung und/oder Rückmeldung des Be-  
15 triebsverhaltens dar. Die Installation einer hierfür erforder-  
lichen Sensorik geht wiederum zu Lasten der Baugröße der  
mit dem Piezo-Biegewandler ausgestatteten Einrichtung.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Maß-  
20 nahmen anzugeben, die kompaktere Abmessungen von mit einem  
Piezo-Biegewandler der eingangs genannten Art ausgestatteten  
Einrichtungen ermöglichen. Eine weitere Aufgabe der Erfindung  
besteht in der Angabe einer vorteilhaften Verwendung für ei-  
nen derartigen Piezo-Biegewandler.

25 Die erstgenannte Aufgabe wird im Zusammenhang mit einem Pie-  
zo-Biegewandler der eingangs genannten Art dadurch gelöst,  
dass im Innern des Tragkörpers und/oder zwischen dem Trag-  
körper und dem Piezo-Schichtkörper und/oder zwischen benach-  
30 barten Piezo-Materialschichten des Piezo-Schichtkörpers min-  
destens eine Komponente einer für den Betrieb des Piezo-  
Biegewandlers verwendeten Elektronik und/oder Sensorik unter-  
gebracht ist.

35 Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß sich die im  
Zusammenhang mit einem Multilayer-Biegewandler einzusetzenden  
Komponenten der für den Betrieb erforderlichen Elektronik

- und/oder Sensorik in ihren Abmessungen und in ihrer Gestaltung so ausführen lassen, dass eine Integration in den Piezo-Biegewandler möglich ist und dementsprechend auf größeren Einbauraum beanspruchende externe Elektronik- und/oder Sensorikbauteile verzichtet werden kann. So können die Elektronik- und/oder Sensorikkomponenten beispielsweise im Innern des Tragkörpers untergebracht werden, lassen sich aber auch zwischen den Piezo-Materialschichten des Piezo-Schichtkörpers oder im Bereich zwischen dem Tragkörper und dem an diesen angegesetzten Piezo-Schichtkörper platzieren. Im Zusammenhang mit den Sensorikkomponenten eröffnet dies auch die Möglichkeit, eine Platzierung praktisch unmittelbar dort vorzunehmen, wo eine betriebsrelevante Zustandsgröße erfaßt werden soll.
- 15 So kann zum Beispiel bei sicherheitskritischen Ventilanwendungen eine zuverlässige und präzise Rückmeldung der Aktorstellung durch in den Aufbau des Piezo-Biegewandlers integrierte Sensorikkomponenten gewährleistet werden.
- 20 Als besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen, den Piezo-Biegewandler mit einem Piezo-Schichtkörper auszustatten, bei dem die Schichtdicke der einzelnen Piezo-Materialschichten maximal 25  $\mu\text{m}$  beträgt, wobei ein Dickenbereich zwischen 14  $\mu\text{m}$  und 20  $\mu\text{m}$  empfehlenswert ist und vorzugsweise eine Schicht-
- 25 dicke von 17  $\mu\text{m}$  gewählt wird. Es ergibt sich dadurch ein Niedervolt-Multilayer mit sehr dünnen Schichten und dementsprechend stark reduzierter Ansteuerspannung, die wesentlich geringer ist als die heute üblichen Ansteuerspannungen im Bereich oberhalb 60 Volt. Dementsprechend reduziert sich auch
- 30 der Bauaufwand für zur Spannungskonvertierung notwendige elektronische Schaltungen, was die erfindungsgemäß vorgesehene Integration der Elektronikkomponenten in den Piezo-Biegewandler noch vereinfacht. Außerdem ergibt sich der Vorteil, daß für den Hochvoltbereich gültige Gestaltungsnormen
- 35 nicht mehr relevant sind und sich somit vielfältigere Gestaltungsmöglichkeiten für die Leitungsführung und Gehäuseausführung des Piezo-Biegewandlers bzw. einer mit ihm ausge-

statteten Einrichtung eröffnen. Gleichwohl wird eine ausreichende elektrische Feldstärke im Piezo-Material erreicht, und es sind, verglichen mit der Baugröße, große Stellkräfte und Stellwege möglich.

5

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

10

Mindestens eine der integrierten Elektronikkomponenten kann zu einer Spannungswandlerschaltung, zu einer Strombegrenzungsschaltung oder zu einer Lade-/Entladeschaltung gehören bzw. unmittelbar eine solche bilden.

15

Mindestens eine Sensorikkomponente kann von einem zur Erfassung der Auslenkung des Biegewandlers dienenden Auslenkungssensor gebildet sein, beispielsweise in Gestalt von Dehnmeßstreifen (DMS), von einer oder mehreren Piezo-Materialschichten oder von induktiven Aufnehmern und Spulen. Ein großer Vorteil eines in das Trägermaterial oder in das Piezo-

20

Material integrierten Auslenkungssensors ist die Möglichkeit zur Verwendung bei einer gezielten Nachsteuerung der Aktorauslenkung zur Kompensation der piezoelektrischen Relaxations- und Drifteffekte. Dies ermöglicht langzeitstabile gesteuerte Anwendungen. Eine weitere Möglichkeit zur Verwendung ist eine Funktionsüberwachung des Stellelements mittels Sensor.

25

Darüber hinaus können weitere Sensoren jeglicher Art und jeglichen Aufbaus nach Bedarf integriert sein, beispielsweise

30

Kraft-, Beschleunigungs- oder Temperatursensoren.

Die Integration einer oder mehrerer Elektronik- und/oder Sensorikkomponenten in den Tragkörper läßt sich besonders einfach realisieren, wenn der Tragkörper als Mehrschichtkörper mit mindestens zwei aufeinanderliegenden Tragkörperschichten ausgebildet ist, wobei die Schichtebenen der Tragkörperschichten zweckmäßigerweise parallel zu denjenigen der Piezo-

35

Materialschichten verlaufen und wobei sich die betreffenden Komponenten zwischen jeweils zwei benachbarten Tragkörperschichten plazieren lassen.

- 5 Um die zur Ansteuerung des Piezo-Schichtkörpers sowie für den Betrieb der eventuell vorhandenen Sensorik benötigten elektrischen Leiter in optimaler Verteilung am Tragkörper vorsehen zu können, sind die vorhandenen elektrischen Leiter zweckmäßigerweise in unterschiedlichen Bestückungsebenen des
- 10 Tragkörpers angeordnet, wobei die gegenseitige Verbindung mittels einer oder mehrerer Durchkontaktierungen, sogenannter Vias, realisiert wird, die quer zu den Bestückungsebenen verlaufen. Bei einem in Multilayer-Technologie ausgeführten Tragkörper können elektrische Leiter sowohl zwischen benach-
- 15 barten Tragkörperschichten als auch auf der Außenfläche der äußeren Tragkörperschichten vorgesehen sein, wobei beidseits einer Tragkörperschicht befindliche elektrische Leiter mittels Durchkontaktierungen kontaktiert sein können, die lediglich die betreffende Tragkörperschicht durchsetzen.

- 20 Dieser Aufbau bietet sich vor allem dann an, wenn der Piezo-Biegewandler über einen sogenannten Trimorph-Aufbau verfügt, wobei der Tragkörper mit zwei Piezo-Körpern bestückt ist, die an voneinander abgewandten Längsseiten des Tragkörpers ange-
- 25 setzt sind. Hier sind zweckmäßigerweise beide Piezo-Körper als Piezo-Schichtkörper der oben erläuterten Art ausgeführt, um auf Basis der geschilderten Vorteile eine erzwungene Auslenkung des Piezo-Biegewandlers in zwei einander entgegengesetzten Richtungen zu ermöglichen. Man kann eine Ausführung
- 30 vorsehen, bei der der Trimorph-Biegewandler über eine Faserverbund-Mittellage verfügt, in Verbindung mit flexiblen Leiterbahnschichten als Kontaktzuführung zu den aktiven Piezo-Materialschichten, zur Sensorik und/oder zur Elektronik.
- 35 Durch eine geeignete Auswahl von Materialien mit entsprechenden thermischen Ausdehnungskoeffizienten ist eine gezielte Reduzierung der thermischen Drifts realisierbar. Ein Beispiel hierfür ist die gezielte Einbringung von Kupferschichten in

den Aktuatorgesamtaufbau. Die Kupferschichten können neben der Reduzierung der thermischen Drifts auch zur Einstellung der gezielten mechanischen Eigenschaften wie Auslenkung und Stellkraft sowie zur Kontaktierung der aktiven Piezo-Materialschichten, der integrierten Sensoren und/oder der Elektronik verwendet werden.

Anstelle eines zweiten aktiven Piezo-Körpers kann vorteilhafterweise auch ein Anpaßkörper vorgesehen sein, der aus einem Material mit im wesentlichen gleichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten besteht wie das Piezo-Material des Piezo-Schichtkörpers. Dieser Anpaßkörper trägt zur Erzeugung von Auslenkkraften nicht bei, ist also ein passives Element, bewirkt jedoch, dass im Vergleich zu einem nur einseitig mit einem Piezo-Körper bestückten Piezo-Biegewandler - einer sogenannten Unimorph-Bauart - mit relativ geringen Kosten ein symmetrischer Aufbau erzielt werden kann, so dass die thermische Eigenverbiegung reduziert oder gar vollständig ausgeschlossen werden kann. Darüber hinaus kann das Anpaßmaterial selbst Sensor sein oder in diesem integriert sein. Der Sensor kann auch in das Anpaßteil integriert sein.

Die eingangs genannte, auf eine besondere Verwendung abzielende zweite Aufgabe der Erfindung wird dadurch gelöst, daß der Piezo-Biegewandler als Stellglied eines Ventils eingesetzt wird, insbesondere auf dem Pneumatiksektor zur Steuerung von Luftströmungen.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnung näher erläutert. Es zeigen im einzelnen:

Fig. 1 eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Piezo-Biegewandlers in stark vergrößerter, perspektivischer Darstellung und teilweise explodiert,



- Fig. 2 eine Draufsicht auf die in Fig. 1 nach oben weisende Tragfläche des Tragkörpers mit Blick gemäß Pfeil II,
- 5 Fig. 3 einen Längsschnitt durch den Tragkörper aus Fig. 1 gemäß Schnittlinie III-III mit Blick auf die nach oben weisende Fläche der unteren Tragkörperschicht,
- 10 Fig. 4 einen Längsschnitt durch den Tragkörper aus Fig. 1 gemäß Schnittlinie IV-IV, wobei strichpunktiert an der nach unten weisenden Tragfläche optional vorhandene elektrische Leiter angedeutet sind,
- 15 Fig. 5 den Piezo-Biegewandler aus Fig. 1 bis 4 im Querschnitt gemäß Schnittlinie V-V aus Fig. 1 und 2, unter Andeutung einer vorteilhaften Verwendung im Zusammenhang mit einem Steuerventil auf dem Sektor der Pneumatik,
- 20 Fig. 6 und 7 entsprechend den Fig. 2 und 3 geführte Längsschnitte durch einen Tragkörper eines weiteren Ausführungsbeispiels des Piezo-Biegewandlers,
- 25 Fig. 8 einen Ausschnitt eines weiteren Ausführungsbeispiels des Piezo-Biegewandlers im Längsschnitt gemäß Schnittlinie VIII-VIII aus Fig. 9 und
- 30 Fig. 9 eine Draufsicht auf die nach oben orientierte Tragfläche des Tragkörpers gemäß Fig. 8 ohne Darstellung des darauf sitzenden Piezo-Körpers.

Der in Fig. 1 bis 5 dargestellte Piezo-Biegewandler 1 verfügt über einen länglichen, platten- oder leistenartig ausgeführten Tragkörper 2, der eine gewisse Steifigkeit besitzt, gleichwohl jedoch biegsam ist und bevorzugt aus einem Faser-

35

verbundmaterial oder aus mehrschichtigen Kunststofflagen vorzugsweise aus Polymid besteht.

Die sich an einander entgegengesetzten Längsseiten befindenden, voneinander abgewandten großflächigen Außenflächen des Tragkörpers 2 bilden eine in Fig. 1 und 5 exemplarisch nach oben orientierte erste Tragfläche 3 sowie eine nach unten weisende zweite Tragfläche 4. Auf die eine, erste Tragfläche 3 ist ein erster Piezo-Körper 5 aufgebracht, der in Multilayer-Technologie ausgeführt ist, so daß es sich um einen Piezo-Schichtkörper 6 handelt. Er enthält, wie die Fig. 5 verdeutlicht, eine Mehrzahl ebener Piezo-Materialschichten 7, die in einer durch Doppelpfeil 8 angedeuteten, rechtwinkelig zur ersten Tragfläche 3 orientierten Stapelrichtung 8 mit zueinander parallelen Schichtebenen aufeinandergestapelt sind. Als Piezo-Material kann jeder piezo-elektrische Werkstoff verwendet werden, vorzugsweise eine Piezo-Keramik.

Die Schichtebenen der Piezo-Materialschichten 7 verlaufen parallel zur Ausdehnungsebene des Tragkörpers 2.

Zwischen jeweils benachbarten Piezo-Materialschichten 7 erstreckt sich eine dünne Elektrode 9, 10 mit flächenhafter Ausdehnung, vorzugsweise in Gestalt einer Silber-/Palladium-Metallisierungsschicht. Dabei sind in der Stapelrichtung 8 abwechselnd erste (9) und zweite (10) Elektroden vorgesehen, so dass jede Piezo-Materialschicht 7 - beim Ausführungsbeispiel mit Ausnahme der untersten und der obersten Piezo-Materialschicht 7 - auf entgegengesetzten Seiten von einer ersten und zweiten Elektrode 9, 10 flankiert ist. Dabei sind sowohl die ersten Elektroden 9 als auch die zweiten Elektroden 10 untereinander elektrisch verbunden und mit einer ersten bzw. zweiten Kontaktierungsfläche 13, 14 verschaltet, die an der Unterseite der sich unmittelbar an den Tragkörper 2 anschließenden untersten Piezo-Materialschicht 7 vorgesehen ist.

Die oberste Piezo-Materialschicht 7 kann wie abgebildet eine inaktive Deckschicht sein, es wäre jedoch ohne weiteres möglich, an ihrer Oberseite ebenfalls eine Elektrode vorzusehen, um sie aktiv zu nutzen.

Die an den Außenflächen des Piezo-Schichtkörpers 6 verlaufenden, zur Kontaktierung der Elektroden 9, 10 dienenden leitfähigen Schichten sind zweckmäßigerweise mit einer nicht näher dargestellten Vergußmasse aus Epoxidharz versiegelt.

Der Piezo-Schichtkörper 6 belegt nur einen Teil der Baulänge der ersten Tragfläche 3. Daher ragt der Tragkörper 2 an einer Anschlußseite 15 des Piezo-Biegewandlers 1 mit einem Anschlußabschnitt 16 über den Piezo-Schichtkörper 6 hinaus. Über den Anschlußabschnitt 16 werden die für den Betrieb des Piezo-Biegewandlers 1 erforderlichen elektrischen Anschlüsse vorgenommen und kann auch die Einspannung des Piezo-Biegewandlers erfolgen.

Zur Ansteuerung des Piezo-Schichtkörpers 6 ist der Tragkörper 2 mit beispielsweise von Leiterbahnen, von Metallisierungen und/oder von leitfähigen Kunststoffschichten gebildeten ersten und zweiten elektrischen Leitern 17a, 17b ausgestattet. Sie verlaufen ausgehend vom freien stirnseitigen Ende des Anschlußabschnittes 16 bis in den vom Piezo-Schichtkörper 6 überdeckten Tragkörperabschnitt, wo sie als erste und zweite elektrische Verbindungsflächen 18a, 18b ausgeführt sind, die mit den ersten und zweiten Kontaktierungsflächen 13, 14 des Piezo-Schichtkörpers 6 elektrisch kontaktiert sind.

Somit läßt sich der Piezo-Schichtkörper 6 über die ersten und zweiten elektrischen Leiter 17a, 17b mit einer Ansteuerung beaufschlagen, die in an sich bekannter Weise eine Längenänderung der Piezo-Materialschichten 7 hervorruft, was bei im Bereich des Anschlußabschnittes 16 eingespanntem Piezo-Biegewandler 1 eine Krümmung sowie eine damit verbundene

Auslenkung senkrecht zur Längsrichtung des Biegewandlers gemäß Pfeil 22 des uneingespannten vorderen Endbereiches des Piezo-Biegewandlers 1 hervorruft.

5 Zwar kann der Anschlußabschnitt 16 vorteilhaft zum Einspannen des Piezo-Biegewandlers 1 herangezogen werden. Es ist allerdings auch ohne weiteres möglich, die Einspannung in dem sich an den Anschlußabschnitt 16 anschließenden Bereich des Piezo-Schichtkörpers 6 vorzunehmen.

10 Zur Reduktion der Ansteuerspannung sind die Piezo-Materialschichten 7 sehr dünn ausgeführt. Die Schichtdicke beträgt beim Ausführungsbeispiel 17  $\mu\text{m}$ , wobei der insgesamt empfehlenswerte Dickenbereich zwischen 14  $\mu\text{m}$  und 20  $\mu\text{m}$  liegt und  
15 zweckmäßigerweise 25  $\mu\text{m}$  nicht überschreitet. Durch die dadurch mögliche Niedervoltansteuerung mit Ansteuerspannungen bis maximal 60 Volt und vorzugsweise einer noch um einiges unter diesem Maximalwert liegenden Ansteuerspannung sind ge-  
20 wisse, bei Hochspannungsanwendungen geltende Vorschriften nicht mehr zutreffend, und es bestehen flexiblere Möglichkeiten für eine günstige Anordnung der elektrischen Leiter.

Die Ausbildung des Piezo-Schichtkörpers 6 als Niedervolt-Multilayer mit sehr dünnen Schichten und daraus resultierenden  
25 geringen Ansteuerspannungen hat den weiteren Vorteil, dass die für den Betrieb des Piezo-Biegewandlers 1 eingesetzte Elektronik 23 über einen verglichen mit konventionellen Bauformen wesentlich einfacheren, platzsparenderen und kostengünstigeren Aufbau verfügen kann.

30 Die geringe Baugröße der Elektronik 23 wird nun bei dem Piezo-Biegewandler 1 ausgenutzt, um mindestens eine Elektronikkomponente 24 und vorzugsweise sämtliche Elektronikkomponenten bzw. die gesamte Ansteuerelektronik in den Piezo-  
35 Biegewandler 1 zu integrieren. Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 1 bis 5 ist die mindestens eine Elektronikkomponente 24 gut geschützt im Innern des Tragkörpers 2 untergebracht, der

hierbei als Mehrschichtkörper ausgeführt ist und über zwei flächig aufeinanderliegende Tragkörperschichten 25, 26 verfügt, zwischen denen die mindestens eine Elektronikkomponente 24 plaziert ist. Bei einem mehr als zwei Tragkörperschichten aufweisenden Tragkörper 2 könnten in entsprechender Weise die weiteren Schichtübergangsbereiche zur Unterbringung einer oder mehrerer Elektronikkomponenten verwendet werden.

Um die dementsprechend integrierte Elektronikkomponente 24 in der gewünschten Weise zu kontaktieren, wird auf im Tragkörper 2 geeignet plazierte Durchkontaktierungen 27, sogenannte Vi-as, zurückgegriffen. Mit solchen Durchkontaktierungen 27 lassen sich unterschiedliche, jeweils mit elektrischen Leitern bestückte Bestückungsebenen 28 erschließen und die entsprechenden elektrischen Leiter elektrisch miteinander kontaktieren. Die Anzahl der Durchkontaktierungen 27 ist dabei prinzipiell beliebig und orientiert sich am gewünschten Schaltungs-Layout.

Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 1 bis 5 verläuft der zweite elektrische Leiter 17b auf der ersten Tragfläche 3, die hier hinsichtlich der elektrischen Leiter eine erste Bestückungsebene 28a repräsentiert. Der zweite elektrische Leiter 17b verläuft dabei in seiner Gesamtheit in der ersten Bestückungsebene 28a.

Der erste elektrische Leiter 17a hingegen ist in mehrere Leiterabschnitte unterteilt, die in verschiedenen Bestückungsebenen verlaufen und mittels Durchkontaktierungen 27 miteinander verknüpft sind. So erstreckt sich ein erster Leiterabschnitt 31a im Bereich des Anschlußabschnittes 16 auf der ersten Tragfläche 3 und der von dieser definierten ersten Bestückungsebene 28a. Noch vor Erreichen des Piezo-Schichtkörpers 6 ist eine lediglich die erste Tragfläche 3 aufweisende erste Tragkörperschicht 25 durchsetzende Durchkontaktierung 27 vorgesehen, die zu einer zweiten Bestückungsebene 28b führt, welche vom Übergangsbereich zwischen

den beiden Tragkörperschichten 25, 26 gebildet ist. Dort schließt sich ein zweiter Leiterabschnitt 31b des ersten elektrischen Leiters 17a an, der im Innern des Tragkörpers 2 unterhalb des Piezo-Schichtkörpers 6 verläuft und dabei die zweite elektrische Verbindungsfläche 18b unterhalb passiert. Auf Höhe der ersten elektrischen Verbindungsfläche 18a ist der zweite Leiterabschnitt 31b mit einer weiteren Durchkontaktierung 27 kontaktiert, die die erste Tragkörperschicht 25 erneut durchsetzt und mit dem die erste elektrische Verbindungsfläche 18a definierenden dritten Leiterabschnitt 31c verbunden ist, der sich nun wiederum in der ersten Bestückungsebene 28a befindet.

Die mindestens eine Elektronikkomponente 24 ist in der zweiten Bestückungsebene 28b platziert und mit dem dort verlaufenden zweiten Leiterabschnitt 31b in gewünschter Weise verschaltet.

Im Falle des beim Ausführungsbeispiel gezeigten Zweischicht-Tragkörpers 2 könnten auch Durchkontaktierungen vorgesehen sein, die sich durch beide Tragkörperschichten 25, 26 gleichzeitig hindurcherstrecken. Auch besteht die Möglichkeit, voneinander getrennte Durchkontaktierungen in sämtlichen Tragkörperschichten vorzusehen, um beidseits derselben vorhandene elektrische Leiter und/oder Elektronikkomponenten elektrisch zu verknüpfen.

Die mindestens eine Elektronikkomponente 24 kann zu einer Ansteuerelektronik für den Piezo-Biegewandler 1 gehören oder eine solche bilden. Die Elektronik kann insbesondere eine Spannungswandlerschaltung zur Konvertierung der angelegten Eingangsspannung auf die gewünschte Ansteuerspannung enthalten. Von Vorteil ist auch eine Strombegrenzungsschaltung, die Beschädigungen der Piezo-Charakteristik durch Überbeanspruchung verhindert. Eine Lade-/Entladeschaltung, die bei einem Zweidrahtbetrieb die zum Rückstellen der Auslenkung erforderliche Entladung ermöglicht, ist ebenfalls von Vorteil.

Es versteht sich, dass diese Aufzählung rein exemplarischen und nicht abschließenden Charakter hat.

Der Piezo-Biegewandler 1 des Ausführungsbeispiels zeichnet sich ferner dadurch aus, dass in ihn, zusätzlich zu mindestens einer Elektronikkomponente, auch mindestens eine in Fig. 1 und 5 gestrichelt angedeutete Sensorikkomponente 32 einer für den Betrieb des Piezo-Biegewandlers verwendeten Sensorik 33 integriert ist.

Die mindestens eine Sensorikkomponente 32 ist beim Ausführungsbeispiel im Innern des Piezo-Schichtkörpers 6 zwischen zwei benachbarten Piezo-Materialschichten 7 untergebracht. Sie kann dort bei der Herstellung des Piezo-Schichtkörpers 6 bequem platziert werden. Für ihren Betrieb erforderliche elektrische Kontaktmittel 34 können beispielsweise zu einer Stirnseite des Piezo-Schichtkörpers 6 und von dort zur Unterseite desselben geführt werden, so dass sie bei am Tragkörper 2 fixiertem Piezo-Schichtkörper 6 mit weiteren elektrischen Leitern 35 kontaktiert werden, die auf der ersten Tragfläche 3 im Bereich des Anschlußabschnittes 16 vorgesehen sind.

Durch die Platzierung mindestens einer Sensorikkomponente 32 und zweckmäßigerweise der gesamten Sensorik 33 im Innern des Piezo-Biegewandlers 1 können die interessierenden Größen unmittelbar an der relevanten Stelle erfaßt werden. Außerdem erübrigt sich eine zusätzlichen Platz beanspruchende Installation an der Außenfläche des Piezo-Biegewandlers oder an einem im späteren Einsatz den Piezo-Biegewandler 1 enthaltenden Gehäuse. Dies gilt im übrigen auch für die integrierte mindestens eine Elektronikkomponente 24 bzw. Elektronik 23.

Durch die Unterbringung im Innern des Piezo-Biegewandlers 1 kann auch auf zusätzliche Schutzmaßnahmen verzichtet werden, da die Komponenten durch die sie umgebenden Bestandteile des Piezo-Biegewandlers 1 vor äußeren Einflüssen geschützt nach außen hin abgeschirmt sind.

Mindestens eine Sensorikkomponente 32 kann auch in der anhand der Elektronikkomponente 24 beschriebenen Weise in den Tragkörper 2 integriert sein, wie auch mindestens eine Elektronikkomponente im Innern des Piezo-Schichtkörpers 6 plaziert sein kann. Ein weiterer vorteilhafter Ort zur Unterbringung einer Elektronik- und/oder Sensorikkomponente ist der Bereich zwischen dem Tragkörper 2 und dem daran fixierten Piezo-Schichtkörper 6, wobei in Fig. 5 eine entsprechende Elektronik- und/oder Sensorikkomponente strichpunktiert bei 24a, 32a angedeutet ist.

Es versteht sich, dass ein und derselbe Piezo-Biegewandler 1 je nach Anwendungsfall lediglich mit Elektronikkomponenten oder lediglich mit Sensorikkomponenten oder gleichzeitig mit Komponenten sowohl einer Elektronik als auch einer Sensorik ausgestattet sein kann. Dabei ist der Ort der Unterbringung jeweils beliebig auswählbar.

Eine im Piezo-Biegewandler 1 integrierte Sensorik kann als Sensorikkomponente insbesondere einen Auslenkungssensor beinhalten, beispielsweise einen Dehnmeßstreifen oder sonstige Aufnehmer und Spulen, anhand derer sich Rückschlüsse auf die momentane Auslenkung des Piezo-Biegewandlers 1 ziehen lassen.

Die Fig. 6 und 7 zeigen eine Möglichkeit zur Integration einer beispielhaft als Dehnmeßstreifen ausgebildeten Sensorikkomponente 32 in den Tragkörper 2. Dabei ist ersichtlich, dass zusätzlich zu den erläuterten ersten und zweiten elektrischen Leitern 17a, 17b weitere, dritte elektrische Leiter 17c zur Kontaktierung der Sensorikkomponenten 32 vorgesehen sein können, die in der ersten und zweiten Bestückungsebene 28a, 28b verlaufen und mittels Durchkontaktierungen 27a verknüpft sein können.

Weitere empfehlenswerte Sensorikkomponenten sind Kraftsensoren, Beschleunigungssensoren und Temperatursensoren, die für



eine optimal überwachte Betätigung des Piezo-Biegewandlers herangezogen werden können.

5 Um den Schichtaufbau des Piezo-Schichtkörpers 6 und/oder des  
Tragkörpers 2 nicht nennenswert zu beeinträchtigen - die  
Schichtebenen der Tragkörperschichten verlaufen parallel zu  
denjenigen der Piezo-Materialschichten -, wird für die inte-  
grierten Elektronik- und/oder Sensorikkomponenten 24, 32 auf  
10 extrem dünn ausführbare Bauarten zurückgegriffen, die kaum  
auftragen. Derartige Bauformen lassen sich in sogenannter  
Dünnschichttechnik bzw. als SMD-Bauelemente (SMD = Surface  
Mounted Device) oder als Nackt-Chips, also als ungekapselte  
Halbleiterchips ausführen. Da die zur Unterbringung der Kom-  
ponenten vorhandene Schichtfläche sehr groß ist, kann das  
15 Schaltungs-Layout der Komponenten zugunsten einer geringen  
Bauhöhe umfangreich in die Länge und Breite verlagert werden.

Die Fig. 8 und 9 zeigen alternative Ausführungsformen eines  
Tragkörpers 2, wobei ersichtlich ist, dass zusätzliche Elekt-  
20 ronik- und/oder Sensorikkomponenten 36 vorhanden sein können,  
die sich in einem nicht von einem Piezo-Körper belegten Au-  
ßenflächenabschnitt des Tragkörpers 2 befinden. Sie können  
insbesondere an dem auf dem Anschlußabschnitt 16 verlaufenden  
freien Flächenabschnitt einer Tragfläche 3 angeordnet sein.

25 Die Fig. 8 und 9 machen im übrigen auch deutlich, dass elek-  
trische Leiter 17 und Durchkontaktierungen 27 nach Bedarf in  
praktisch beliebiger geeigneter Verteilung am Tragkörper 2  
vorgesehen werden können.

30 Bei den Durchkontaktierungen 27 handelt es sich um elektrisch  
leitfähige Materialien, die in den Tragkörper 2 quer zu sei-  
ner Ausdehnungsebene ganz oder teilweise durchsetzende Aus-  
nehmungen oder Durchbrechungen eingebracht sind. Als Material  
35 kann beispielsweise ein Leitleber verwendet werden.

Der bisher beschriebene Piezo-Biegewandler 1 kann als Unimorph-Biegewandler bezeichnet werden. Auf Grund seines un-  
symmetrischen Aufbaus treten bei einem solchen Unimorph-  
Biegewandler allerdings relativ hohe thermische Eigenverbie-  
gungen auf, die das Betriebsverhalten beeinträchtigen können.  
Durch die integrierte Sensorik lassen sich piezo-elektrische  
Relaxations- und Drifteffekte allerdings gezielt kompensie-  
ren, so dass mit der erfindungsgemäßen Integration das Be-  
triebsverhalten eines Unimorph-Biegewandlers relativ einfach  
optimiert werden kann. Des weiteren kann durch die im Träger-  
körper integrierten Materialien der Arbeitspunkt des Biege-  
wandlers gezielt beeinflusst werden.

Eine weitere Möglichkeit zur kostengünstigen Reduktion der  
thermischen Eigenverbiegung besteht darin, den Piezo-Biege-  
wandler in Trimorph-Technologie aufzubauen und auf der zwei-  
ten Tragfläche 4, auf gleicher Höhe wie der Piezo-Schicht-  
körper 6, einen als Anpaßkörper 37 bezeichnenbaren Körper vor-  
zusehen, der aus einem Material besteht, das im wesentlichen  
die gleichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten wie der  
Piezo-Schichtkörper 6 aufweist. Dabei bietet es sich an, als  
Anpaßkörper 37 einen zweiten Piezo-Körper 38 vorzusehen, der  
jedoch im Vergleich zu einem Multilayer-Aufbau über einen we-  
sentlich kostengünstigeren monolithischen Aufbau verfügt. Da-  
bei ist das Piezo-Material zweckmäßigerweise mit der für ei-  
nen aktiven Betrieb üblicherweise erforderlichen Polarisierung  
versehen, um tatsächlich das gleiche Temperaturverhalten wie  
der Piezo-Schichtkörper 6 zu erzielen. Allerdings wird der  
zweite Piezo-Körper 38 nicht aktiviert, er dient lediglich  
zur Anpassung bzw. zum Erhalt des symmetrischen Aufbaus.

Gleichwohl wäre es selbstverständlich möglich, auf Basis des  
erfinderischen Gedankens einen Trimorph-Biegewandler zu  
schaffen, der über zwei Piezo-Körper 5, 38 verfügt, die beide  
aktivierbar sind, um den Piezo-Biegewandler 1 aktiv nicht nur  
nach einer, sondern nach zwei einander entgegengesetzten Sei-  
ten auslenken zu können. Dabei ist es empfehlenswert, auch

- den zweiten Piezo-Körper 38 als Piezo-Schichtkörper auszuführen. Der Tragkörper 2 kann dann, wie in Fig. 1 und 4 strichpunktisiert angedeutet, mit weiteren elektrischen Leitern 42 und Durchkontaktierungen 43 - vergleichbar den oben im Detail
- 5 geschilderten ersten und zweiten elektrischen Leitern 17a, 17b und Durchkontaktierungen 27 - ausgestattet sein, die die Ansteuerung des an der zweiten Tragfläche 4 platzierten zweiten Piezo-Körpers 38 gestatten. Werden die vorhandenen Elektronik- und/oder Sensorikkomponenten in einem Piezo-Schichtkörper 6 oder in dem Übergangsbereich zwischen einem Piezo-
- 10 Körper und dem Tragkörper 2 platziert, läßt sich der Piezo-Biegewandler 1 ohne weiteres auch mit einem Einschicht-Tragkörper 2 ausstatten.
- 15 Der Piezo-Biegewandler läßt sich vorteilhaft als Stellglied in einem zur Steuerung von Fluidströmen dienenden Ventil verwenden. In Fig. 5 ist strichpunktisiert ein Ausschnitt des Gehäuses 44 eines Pneumatikventils angedeutet, das über eine Fluidkanalmündung 45 verfügt, die durch Aktivieren bzw. De-
- 20 aktivieren des Piezo-Biegewandlers 1 durch diesen wahlweise verschlossen oder freigegeben wird.

10

Ansprüche

- 15 1. Piezo-Biegewandler, mit einem länglichen Tragkörper (2),  
der an wenigstens einer Längsseite mit einem mehrere Schich-  
ten aus Piezo-Material (7) und dazwischenliegende Elektroden  
15 (9, 10) aufweisenden Piezo-Schichtkörper (6) bestückt ist,  
dadurch gekennzeichnet, daß im Innern des Tragkörpers (2)  
und/oder zwischen dem Tragkörper (2) und dem Piezo-Schicht-  
körper (6) und/oder zwischen benachbarten Piezo-Material-  
schichten (7) des Piezo-Schichtkörpers (6) mindestens eine  
20 Komponente (24, 24a; 32, 32a) einer für den Betrieb des Pie-  
zo-Biegewandlers (1) verwendeten Elektronik (23) und/oder  
Sensorik (33) untergebracht ist.
- 25 2. Piezo-Biegewandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-  
net, dass mindestens eine Elektronikkomponente (24, 24a) zu  
einer Spannungswandlerschaltung, zu einer Strombegrenzungss-  
chaltung oder zu einer Lade-/Entladeschaltung gehört oder  
eine solche bildet.
- 30 3. Piezo-Biegewandler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch ge-  
kennzeichnet, dass mindestens eine Elektronikkomponente (24,

24a) zu einer Ansteuerlektronik für den Piezo-Biegewandler gehört oder eine solche bildet.

4. Piezo-Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Sensorikkomponente (32, 32a) von einem zur Erfassung der Auslenkung des Biegewandlers dienenden Auslenkungssensor gebildet ist, insbesondere von einem Dehnmeßstreifen oder von induktiven Aufnehmern und/oder Spulen.

5. Piezo-Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Sensorikkomponente (32, 32a) von einem Kraftsensor, einem Beschleunigungssensor und/oder einem Temperatursensor gebildet ist.

6. Piezo-Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Elektronik- und/oder Sensorikkomponente (24, 24a; 32, 32a) in sogenannter Dünnschichttechnik und/oder als SMD-Bauelement (SMD = Surface Mounted Device) und/oder als Nackt-Chip ausgebildet ist.

7. Piezo-Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Tragkörper (2) als Mehrschichtkörper mit mindestens zwei aufeinanderliegenden Tragkörperschichten (25, 26) ausgebildet ist.

8. Piezo-Biegewandler nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtebenen der Tragkörperschichten und der Piezo-Materialschichten parallel zueinander verlaufen.

9. Piezo-Biegewandler nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine im Innern des Tragkörpers (2) befindliche Elektronik- und/oder Sensorikkomponente (24, 32) zwischen zwei benachbarten Tragkörperschichten (25, 26) angeordnet ist.

10. Piezo-Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Tragkörper (2) mit in unterschiedlichen Bestückungsebenen (28) angeordneten elektrischen Leitern (17a, 17b, 17c, 42) versehen ist, die durch eine oder  
5 mehrere, quer zu den Bestückungsebenen (28) verlaufende Durchkontaktierungen (27, 43) elektrisch miteinander kontaktiert sind.

11. Piezo-Biegewandler nach Anspruch 10 in Verbindung mit  
10 einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Durchkontaktierung (27, 43) vorhanden ist, die lediglich eine Tragkörperschicht durchsetzt, um beidseits derselben vorhandene elektrische Leiter miteinander zu ver-  
schalten.

12. Piezo-Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
15 dadurch gekennzeichnet, dass der Piezo-Schichtkörper (6) die ihm zugewandte Tragfläche (3) des Tragkörpers (2) nur teilweise belegt, wobei ein freier Abschnitt der Tragfläche (3)  
20 mit mindestens einer weiteren Elektronikkomponente (36) bestückt ist.

13. Piezo-Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 12,  
25 dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke der einzelnen Piezo-Materialschichten (7) maximal 25  $\mu\text{m}$  beträgt, vorzugsweise im Bereich zwischen 14  $\mu\text{m}$  und 20  $\mu\text{m}$  liegt und insbesondere 17  $\mu\text{m}$  beträgt.

14. Piezo-Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 13,  
30 dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke der Piezo-Materialschichten (7) derart bemessen ist, dass die zur Betätigung des Piezo-Biegewandlers erforderliche Ansteuerspannung maximal 60 Volt beträgt.

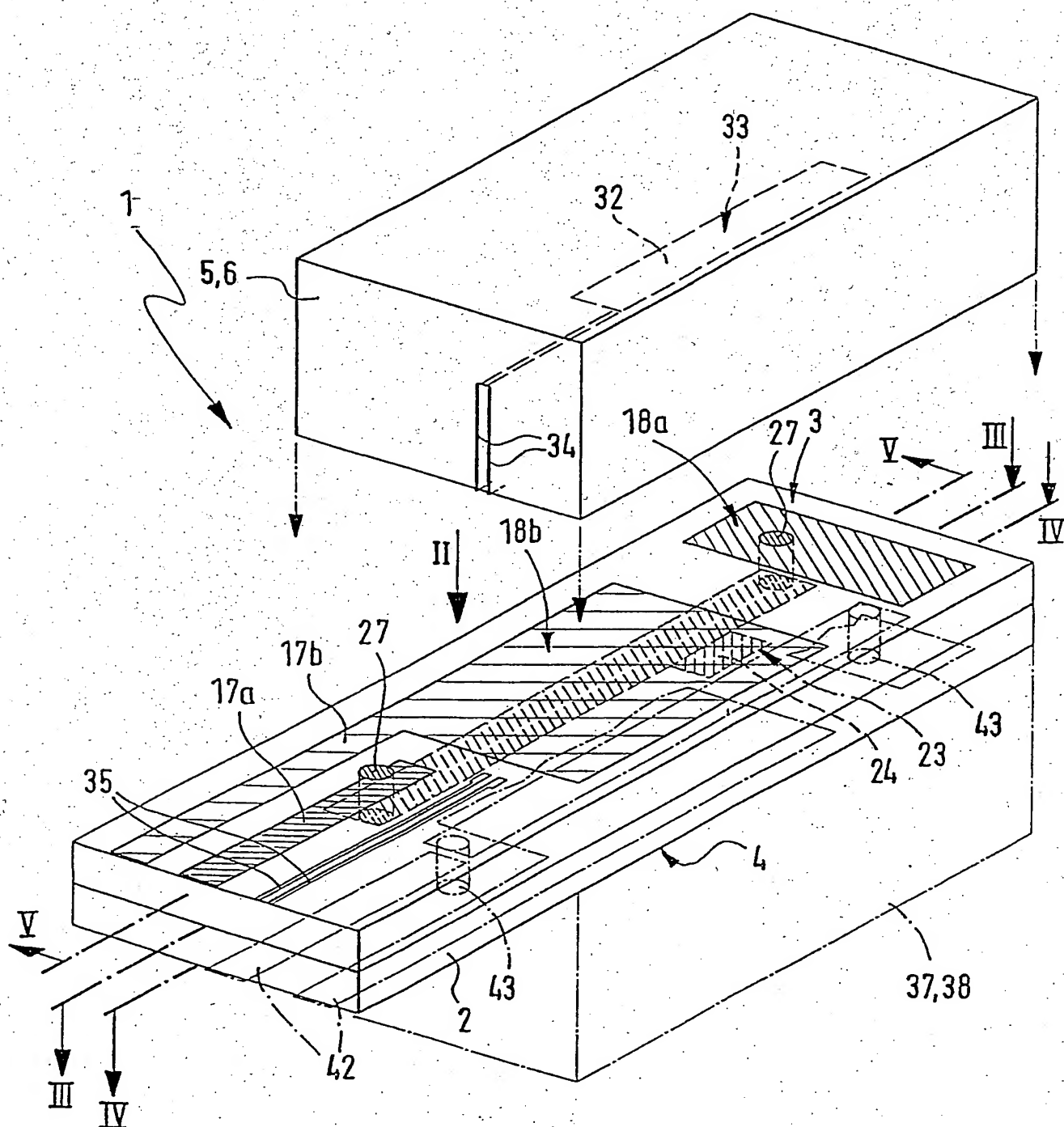
35 15. Piezo-Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Tragkörper (2) auf der dem

Piezo-Schichtkörper (6) entgegengesetzten Längsseite einen monolithischen Piezo-Körper (38) trägt.

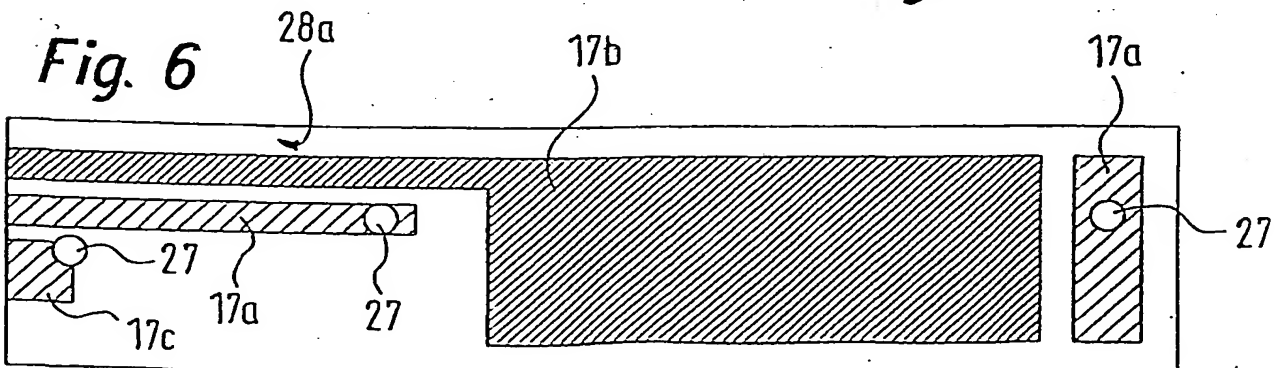
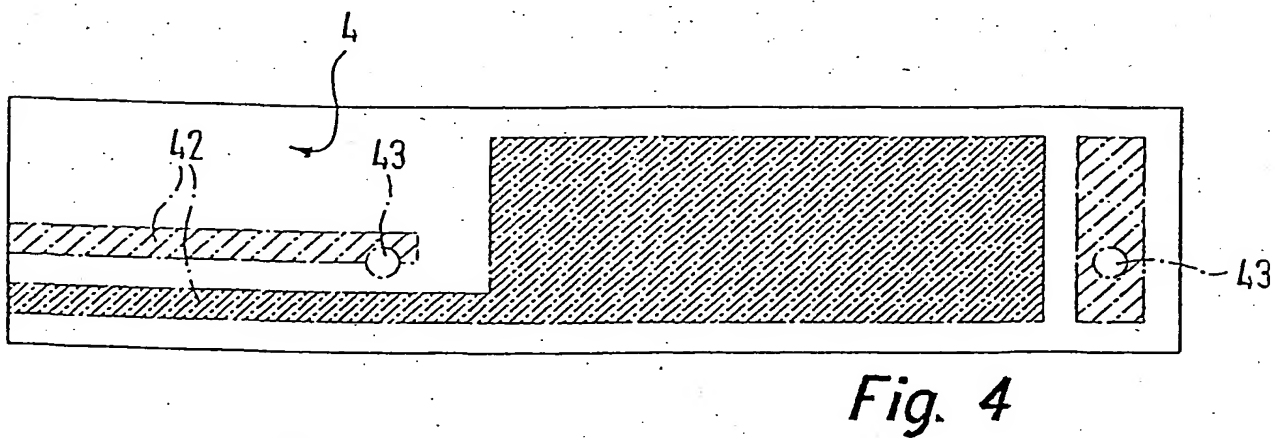
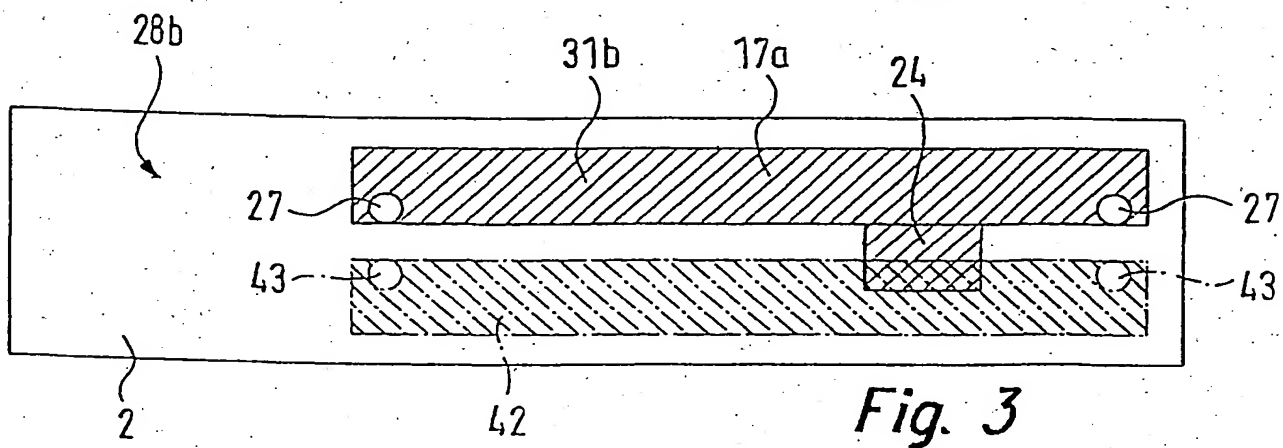
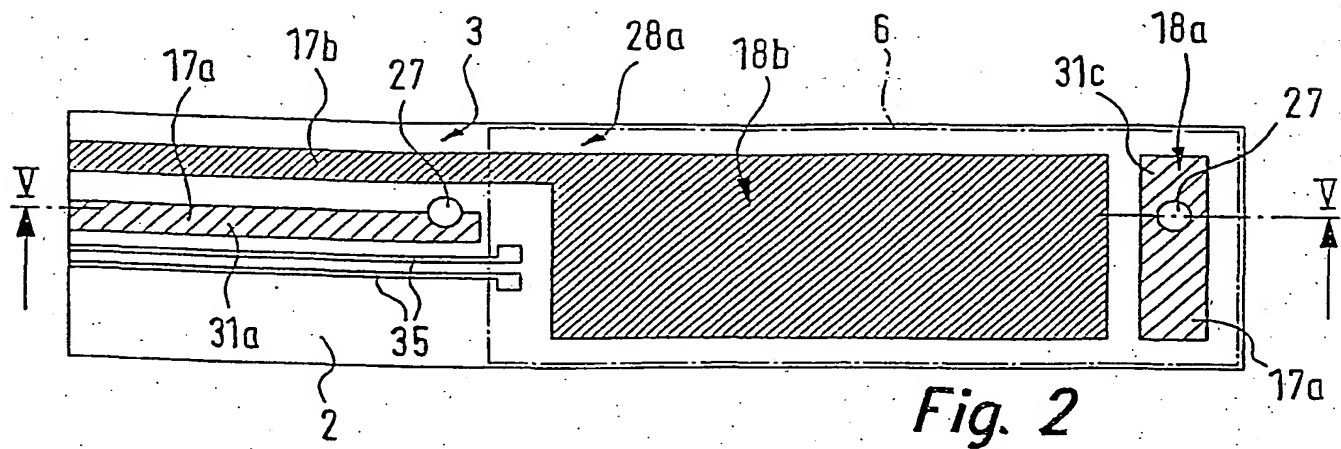
5 16. Piezo-Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Tragkörper (2) auf der dem Piezo-Schichtkörper (6) entgegengesetzten Längsseite mit einem Anpaßkörper (37) aus einem Material mit im wesentlichen gleichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten wie das Piezo-Material des Piezo-Schichtkörpers (6) bestückt ist.

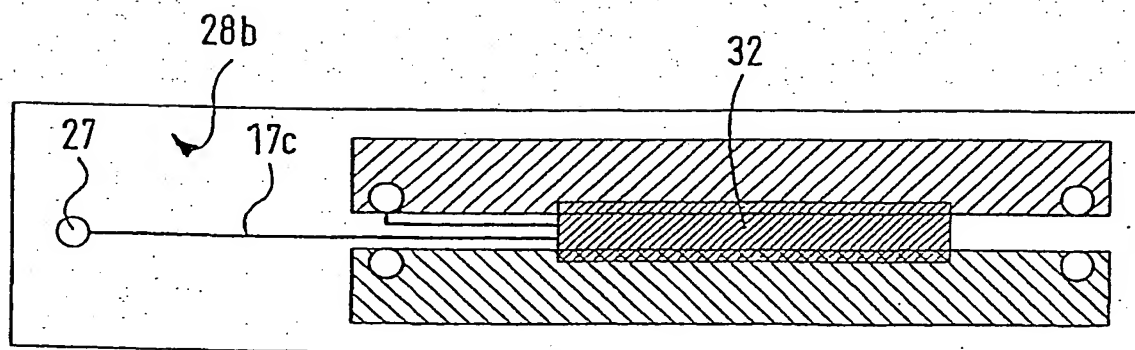
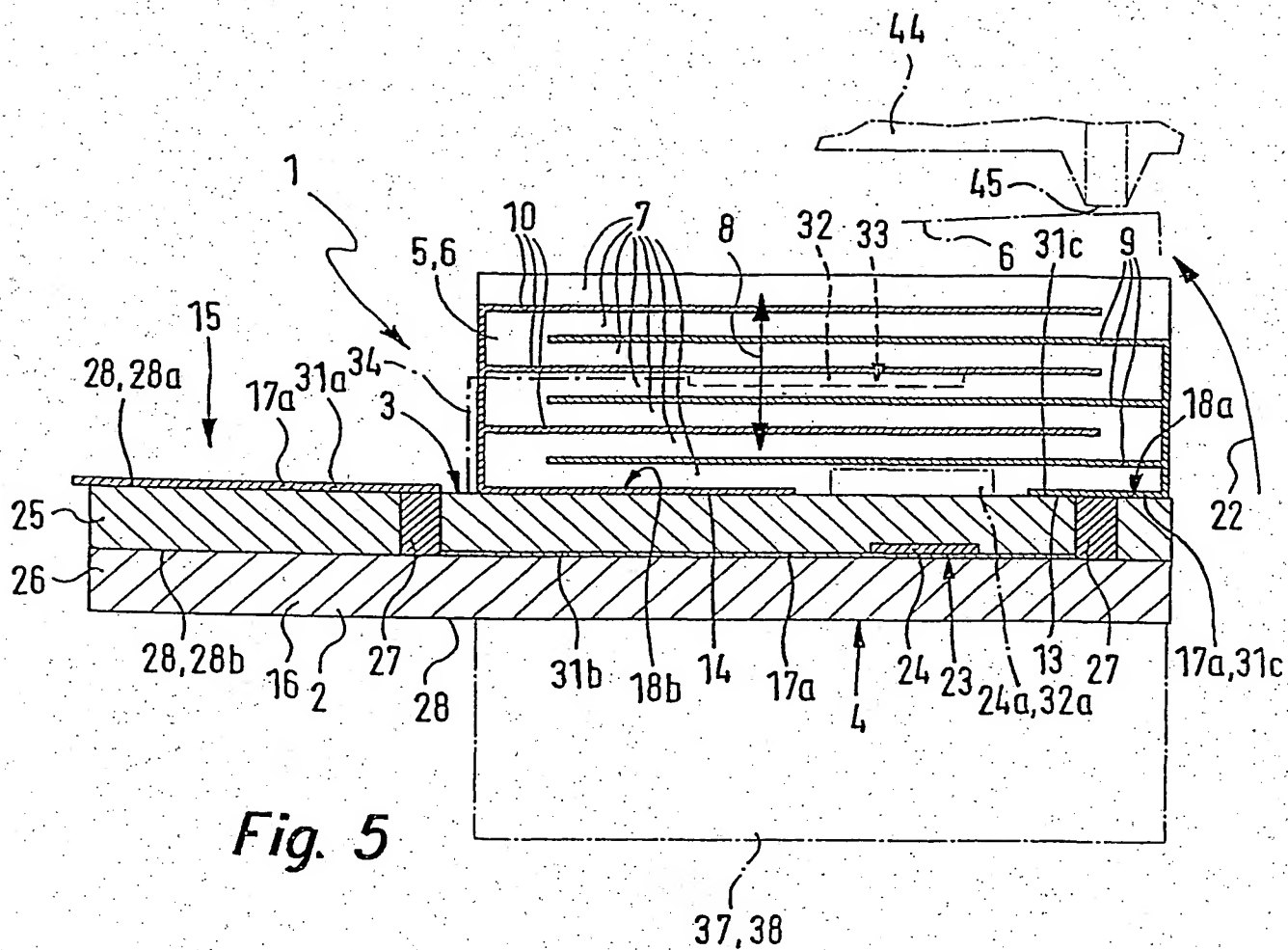
10 17. Piezo-Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Tragkörper (2) auf der dem Piezo-Schichtkörper (6) entgegengesetzten Längsseite mit einem weiteren Piezo-Schichtkörper bestückt ist.

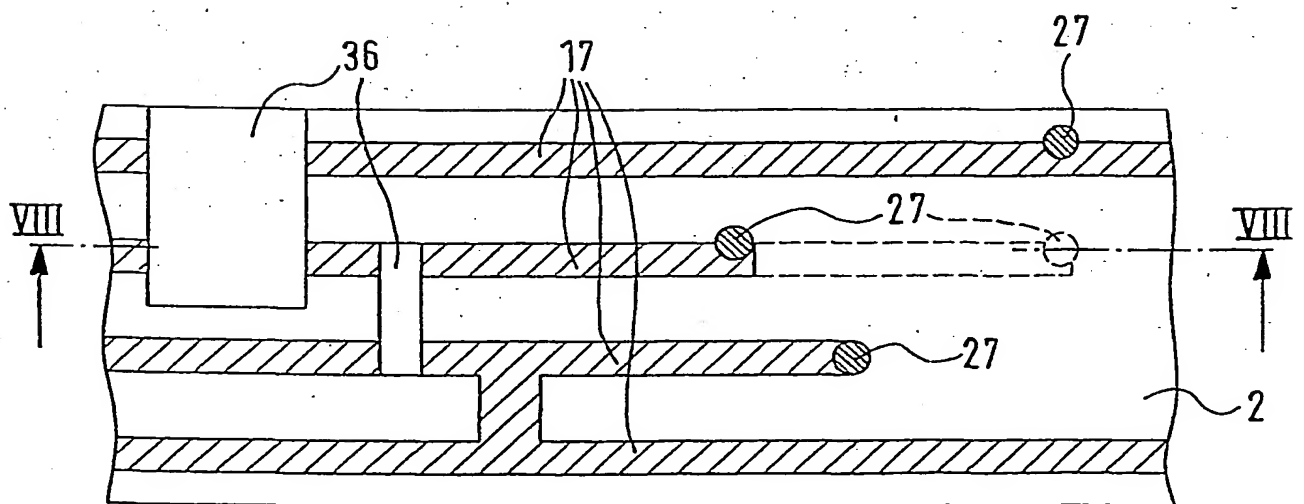
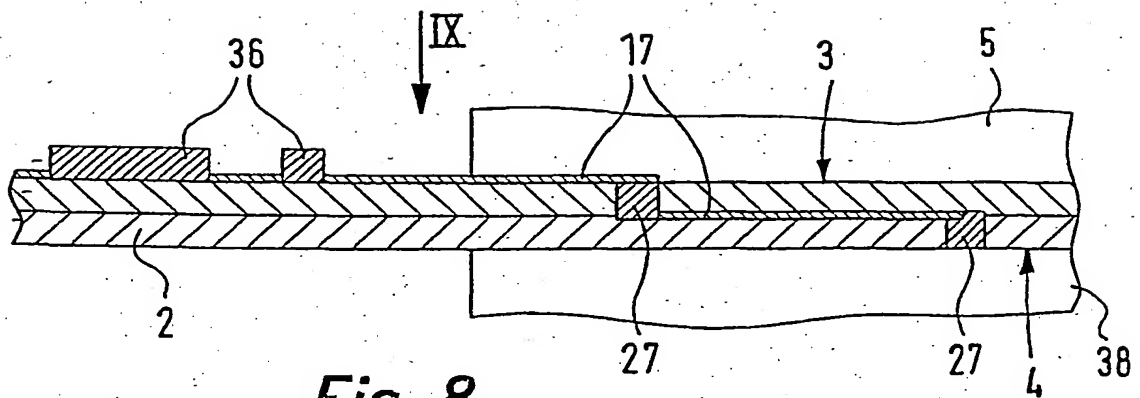
15 18. Verwendung eines Piezo-Biegewandlers nach einem der Ansprüche 1 bis 17 als Stellglied eines Ventils insbesondere auf dem Pneumatiksektor.

*Fig. 1*









## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 01/05395

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01L41/09

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H01L F16K B06B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 458 (C-0766), 3 October 1990 (1990-10-03) & JP 02 184378 A (TOSHIBA CORP), 18 July 1990 (1990-07-18) abstract	1-3, 12, 17
A	US 4 678 957 A (HARN DEN JR JOHN D ET AL) 7 July 1987 (1987-07-07) column 10, line 17 -column 14, line 25 column 18, line 58 -column 19, line 54 figures 1, 1A, 5, 6	1-3, 6, 17
A	WO 89 07345 A (PACIFIC BELL) 10 August 1989 (1989-08-10) page 7, line 4 -page 17, line 32 figures	1-3, 17
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 October 2001

Date of mailing of the international search report

09/10/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Köpf, C

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 01/05395

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 99 13681 A (1... IPR LIMITED) 18 March 1999 (1999-03-18) page 15, paragraph 3 - paragraph 4 page 18, paragraph 4 -page 22, paragraph 4 page 30, paragraph 2 -page 33, paragraph 2 figures 6-8	1,4,5, 14,18
A	WO 95 20827 A, (ACTIVE CONTROL EXPERTS INC) 3 August 1995 (1995-08-03) page 3, line 24 -page 4, line 38 page 8, line 33 -page 14, line 38 figures 2-5	1-5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/EP 01/05395

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 02184378	A	18-07-1990	NONE	
US 4678957	A	07-07-1987	US RE33568 E	09-04-1991
WO 8907345	A	10-08-1989	WO 8907345 A1	10-08-1989
WO 9913681	A	18-03-1999	AU 5998698 A	26-08-1998
			AU 8991898 A	29-03-1999
			CN 1246914 T	08-03-2000
			CN 1269912 T	11-10-2000
			EP 0960286 A1	01-12-1999
			EP 1012891 A2	28-06-2000
			GB 2354046 A ,B	14-03-2001
			WO 9835165 A1	13-08-1998
			GB 2322232 A ,B	19-08-1998
			WO 9913681 A2	18-03-1999
			GB 2329514 A	24-03-1999
WO 9520827	A	03-08-1995	AU 697494 B2	08-10-1998
			AU 1834895 A	15-08-1995
			BR 9506656 A	16-09-1997
			CA 2181598 A1	03-08-1995
			EP 0741914 A1	13-11-1996
			JP 9511100 T	04-11-1997
			WO 9520827 A1	03-08-1995
			US 5687462 A	18-11-1997
			US 5656882 A	12-08-1997
			US 6069433 A	30-05-2000

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 01/05395

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H01L41/09

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H01L F16K B06B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 458 (C-0766), 3. Oktober 1990 (1990-10-03) & JP 02 184378 A (TOSHIBA CORP), 18. Juli 1990 (1990-07-18) Zusammenfassung	1-3, 12, 17
A	US 4 678 957 A (HARNDEN JR JOHN D ET AL) 7. Juli 1987 (1987-07-07) Spalte 10, Zeile 17 -Spalte 14, Zeile 25 Spalte 18, Zeile 58 -Spalte 19, Zeile 54 Abbildungen 1, 1A, 5, 6	1-3, 6, 17
A	WO 89 07345 A (PACIFIC BELL) 10. August 1989 (1989-08-10) Seite 7, Zeile 4 -Seite 17, Zeile 32 Abbildungen	1-3, 17
	--- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*8\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. Oktober 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

09/10/2001

Name und Postenschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Köpf, C

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

II Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 01/05395

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>WO 99 13681 A (1... IPR LIMITED) 18. März 1999 (1999-03-18) Seite 15, Absatz 3 - Absatz 4 Seite 18, Absatz 4 -Seite 22, Absatz 4 Seite 30, Absatz 2 -Seite 33, Absatz 2 Abbildungen 6-8</p> <p>----</p>	1,4,5, 14,18
A	<p>WO 95 20827 A (ACTIVE CONTROL EXPERTS INC) 3. August 1995 (1995-08-03) Seite 3, Zeile 24 -Seite 4, Zeile 38 Seite 8, Zeile 33 -Seite 14, Zeile 38 Abbildungen 2-5</p> <p>-----</p>	1-5



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/05395

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 02184378	A	18-07-1990	KEINE		
US 4678957	A	07-07-1987	US	RE33568 E	09-04-1991
WO 8907345	A	10-08-1989	WO	8907345 A1	10-08-1989
WO 9913681	A	18-03-1999	AU	5998698 A	26-08-1998
			AU	8991898 A	29-03-1999
			CN	1246914 T	08-03-2000
			CN	1269912 T	11-10-2000
			EP	0960286 A1	01-12-1999
			EP	1012891 A2	28-06-2000
			GB	2354046 A ,B	14-03-2001
			WO	9835165 A1	13-08-1998
			GB	2322232 A ,B	19-08-1998
			WO	9913681 A2	18-03-1999
			GB	2329514 A	24-03-1999
WO 9520827	A	03-08-1995	AU	697494 B2	08-10-1998
			AU	1834895 A	15-08-1995
			BR	9506656 A	16-09-1997
			CA	2181598 A1	03-08-1995
			EP	0741914 A1	13-11-1996
			JP	9511100 T	04-11-1997
			WO	9520827 A1	03-08-1995
			US	5687462 A	18-11-1997
			US	5656882 A	12-08-1997
			US	6069433 A	30-05-2000

PAGE BLANK (USPTO)

PAGE BLANK (USPTO)